

ФИЛОСОФИЯ

УДК 316.3:601

ПРОЦЕССЫ САМООРГАНИЗАЦИИ В ПРИРОДНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ И КОГНИТИВНЫХ СИСТЕМАХ

А.Н. КОЧЕРГИН

Дана характеристика открытых систем, характеризующихся неустойчивостью, разнообразием, нелинейностью; раскрыты механизмы самоорганизации на примере развития объектов неживой и живой природы; обоснован вывод о самоорганизации как способе перехода системы на новый уровень развития. Продемонстрированы возможности синергетического подхода в исследовании социальных систем.

Ключевые слова: самоорганизация, система, синергетика, бифуркация, порядок, хаос, энтропия, история, организация, структура.

Этот космос, один и тот же для всего существующего, есть
и будет вечно живым огнем, мерами загорающимися и мерами
потухающими.

Гераклит Эфесский

Непрестанная жизнь вселенной, которую я понимал как жизнь и
эволюцию, сделалась для меня источником высокой поэзии, и
мало-помалу чувство единства человека с одушевленной и
неодушевленной природой – поэзия природы – стало
философией моей жизни.

П.А. Кропоткин

Закрытые системы являются весьма малой частью действительности. Большинство систем, имеющих место в действительности, являются системами открытыми, способными обмениваться с окружающей средой веществом, энергией и информацией. Если закрытые системы характеризуются устойчивостью, порядком, равновесием, однородностью, то системы открытые – неустойчивостью, разупорядоченностью, неравновесностью, разнообразием. Поэтому поведение открытых систем невозможно понять на основе закономерностей, которым подчиняются системы закрытые.

В тех случаях, когда в силу определенных условий внутреннее производство системой энтропии оказывается больше ее уменьшения вследствие действия внешних факторов (обмена с внешней средой веществом, энергией и информацией), в системе возникает неупорядоченное состояние, появляются флуктуации, приводящие из-за внутренней перестройки системы к возникновению упорядоченных (диссипативных) структур, способствующих уменьшению энтропии. Данный процесс, названный самоорганизацией, выступает источником развития систем любой природы. С формированием идей самоорганизации появилась возможность объяснять процессы развития без привлечения сверхъестественных сил типа энтелехии и т.д.: диссипативные структуры раскрывают механизм развития в системах любой природы [5; 6-12; 14-16]. Примеры самоорганизации можно зафиксировать в природных, социокультурных и когнитивных (познавательных) системах. В системах неживой природы примерами самоорганизации являются: переход от ламинарного движения (при котором слои движущейся жидкости перемещаются параллельно, т.е. не перемешиваясь) к турбулентному (при котором происходит сильное перемешивание жидкости), неустойчивость Бенара, реакции Белоусова-Жаботинского и т.д. Турбулентное движение ранее характеризовалось как хаотическое. Оказалось, что это не так. Хотя оно в макроскопическом масштабе выглядит хаотическим, на микроскопическом уровне является высокоорганизованным – часть энергии системы, находившейся при ламинарном течении в тепловом движении молекул, переходит в макроскопическое организованное движение. С этой точки зрения переход от ламинарности к турбулентности является процессом самоорганизации.

Другим примером (взятым из гидродинамики) неустойчивости, которая приводит к спонтанной самоорганизации, является неустойчивость Бенара [1], возникающая в горизонтальном слое жидкости с вертикальным градиентом температуры (изменение температуры с высотой). Речь идет о системе в виде слоя жидкости, в котором поддерживается разность температур между нижней (подогреваемой) поверхностью и верхней (находящейся при комнатной температуре). При малой разности температур (т.е. вблизи равновесия) перенос тепла производится за счет теплопроводности (т.е. столкновения молекул), без конвекции. Выше определенного порога разности температур перенос тепла осуществляется за счет конвекции. Конвективное движение (как установил Х. Бенар в 1900 году) приводит к образованию устойчивых структур - ячеек Бенара (в форме правильных шестиугольников, напоминающих пчелиные соты).

В области химии примером возникновения самоорганизации является реакция Белоусова-Жаботинского [1] (открытая в начале 50-х годов), которая состоит в окислении лимонной кислоты броматом калия при использовании в качестве катализатора цезия, марганца или феррона. При сливании веществ в сосуд образовавшийся раствор (в котором началось совместное действие молекул всех фракций) периодически меняет окраску (явление «химических часов»). Данная реакция является примером нелинейных каталитических реакций, приводящих к бифуркациям, она была использована И.Р. Пригожиным в качестве экспериментальной основы концепции диссипативных структур [11, с. 208].

Предпринимаются попытки представить рождение нашей Вселенной в виде примера неустойчивости, благодаря чему преодолевается представление о конце Вселенной за счет тепловой смерти (в случае ее непрерывного расширения) или в результате сжатия, т.е. выдвигается предположение о возможности появления новых неустойчивостей, развивающихся в различных масштабах [10]. Для синергетики представляет интерес концепция Геи-Земли, выдвинутая Д. Лавлоком и Л. Маргулис [15]. С позиции данной концепции Земля есть саморегулирующая система, которая способна сохранять химический состав своей атмосферы и поддерживать благодаря этому постоянные климатические условия, удовлетворяющие потребностям живых существ. Сохранение химической неравновесности объясняется совокупной деятельностью жизненных процессов. Изменение яркости солнечных потоков света обуславливает разнообразие живых форм, что, в свою очередь, влияет на рост биомассы. Но способности к саморегуляции Земли ограничены, поэтому достижение предела является той бифуркационной точкой, за которой следует или гибель планеты, или переход ее в новое стабильное состояние.

Живая природа с позиции синергетики рассматривается как высшее проявление происходящих в природе процессов самоорганизации. Раннее зарождение жизни на Земле является подтверждением идеи о том, что жизнь есть результат спонтанной самоорганизации, протекающей при благоприятных условиях (хотя количественной концепции здесь еще нет). Представление о процессах самоорганизации в живой природе дают многие примеры. Для биологии важное значение имеют автокаталитические реакции, особенностью которых является то, что для получения (синтеза) определенного вещества требуется присутствие в реакции того же вещества. Молекулярная биология, вскрыв детали цепей метаболических реакций, установила логику регулирования, ингибирования и активации каталитической функции ферментов, связанных с критическими стадиями метаболических цепей, что способствовало выявлению на микроскопическом уровне основы неустойчивостей, происходящих в сильно неравновесных условиях.

Примером самоорганизации в биологической системе, в которой важная роль принадлежит биологическим часам, является образование колоний у коллективных амёб. Амёбы, выйдя из спор, растут и размножаются как одноклеточные организмы до тех пор, пока пищи достаточно. Когда запасы пищи истощаются, воспроизводство у амёб прекращается и наступает промежуточная фаза. К концу этой фазы (длящейся около 8 часов) амёбы сползаются и образуют вокруг клеток, выполняющих функции центров агрегации, многоклеточную колонию, функционирующую как единый организм. Образование многоклеточных колоний осуществляется под влиянием хемотаксических сигналов (хемотаксис - движение микроорганизмов, растений, животных

и отдельных клеток в виде сперматозоидов, лейкоцитов и т.п. под влиянием химических веществ), испускаемых данными центрами. Далее колония мигрирует, пока не обнаружит новый участок с пищей. В этом месте клетки дифференцируются и образуют стебель, несущий множество спор. В данном случае образование колоний амёб является возникновением порядка через флуктуацию; возникновение центра притяжения - сигнал о потере устойчивости (исчерпании запасов пищи), а также возникновение центра притяжения - свидетельство случайного характера флуктуации (поскольку любая амёба может начать испускать химические сигналы о нехватке пищи). Таким образом, усиление флуктуации организует среду.

Другой пример усиления флуктуаций, предшествующих образованию новой структуры, - процесс самоорганизации в популяции насекомых. В эксперименте личинки распределяются случайным образом. Их скопление осуществляется под влиянием двух конкурирующих факторов: их случайных движений и реакции на феромон (химическое вещество, синтезируемое личинками). Личинки испускают феромоновые сигналы с частотой, которая зависит от степени насыщения личинок. Феромон распространяется в пространстве во все стороны. Личинки перемещаются в направлении, где концентрация феромона выше. Подобная реакция является автокаталитической, ибо скопление личинок усиливает притягательность данной области пространства. Чем выше в этой области плотность личинок, тем выше концентрация феромона и тем сильнее стремление личинок сползаться в место их скоплений. Эксперимент свидетельствует о том, что плотность популяции личинок определяет и скорость, и эффективность процесса самоорганизации (число личинок в скоплении на конечном этапе): при большей плотности скопление возникает и растёт быстрее, при малой плотности устойчивое скопление не образуется.

Еще один пример самоорганизации - первый этап постройки термитами термитника. На первой стадии строительства поведение термитов внешне беспорядочно - термиты принесенные комочки земли разбрасывают беспорядочно, но при этом каждый комочек пропитывают гормоном, привлекающим внимание других термитов. В данной ситуации начальной флуктуацией выступает несколько большая концентрация комочков земли, возникающая в какой-то точке области обитания термитов. Привлеченные большей концентрацией гормона, термиты увеличивают свою плотность в данной точке. Это приводит к нарастанию флуктуации. Число термитов вокруг этой точки увеличивается, что обуславливает увеличение вероятности сброса термитами комочков земли в окрестности точки, что, в свою очередь, увеличивает концентрацию в этой области гормона. В результате этого на первом этапе строительства термитника воздвигаются его опоры, расстояние между которыми определяется радиусом распространения гормона.

Важное значение для понимания и развития идей синергетики имеет изучение фракталов, открытых Б. Мандельбротом в 1980-х годах. Фракталами называют самоподобные объекты (множества, структуры), обладающие свойством самоподобия. Самоподобие означает, что меньший по размеру элемент структуры подобен большему по размеру элементу структуры или всей структуре в целом. В качестве наиболее понятного образа фрактала обычно приводят легкие человека, в которых каждый более мелкий бронх подобен более крупному. Фрактальную организацию имеют также клеточные популяции, коллоиды и т.д. Природа часто представляет себя в форме фракталов, свидетельствуя о масштабном подобии части своих объектов, которые описываются странными (хаотическими) аттракторами (или, по И.Р. Пригожину, «притягивающим хаосом»). Иначе говоря, странные аттракторы имеют место, когда детерминированная динамическая система при определенных условиях обнаруживает хаотическое поведение, т.е. детерминированный хаос.

Синергетический подход по своим требованиям оказывается наиболее соответствующим изучению социальных систем, поскольку им в полной мере присущи нелинейность, открытость, неравновесность. Еще А. Смит обращал внимание на то, что установление порядка на рынке, никем не планируемого, выступает результатом взаимодействия самых разных целей множества его участников. Его концепция «невидимой направляющей руки», управляющей на рынке, является выражением самоорганизации этой системы.

Возможность спонтанного возникновения порядка из хаоса в результате процесса самоорганизации может быть продемонстрирована примером с существованием племени, находящимся на низком уровне развития. При сбалансированности рождаемости и смертности в племени численность последнего неизменна. Незначительное повышение рождаемости над смертностью значительного влияния на племя не оказывает. При резком повышении рождаемости система (племя) сдвигается в сторону неравновесия, при котором на первый план выходят нелинейные соотношения. В состоянии неравновесия система становится чрезвычайно чувствительной к внешним воздействиям, а потому слабые сигналы на ее входе могут привести к весьма значительным эффектам – формированию новых структур. В этом случае система может перестроиться таким образом, что ее поведение будет казаться непредсказуемым.

Возрастание неустойчивости в социальной системе демонстрирует факт глобального ускорения исторического развития, сокращения длительности основных исторических фаз, отмеченный И.М. Дьяконовым [3]. Так, от появления *Homo sapiens* до конца первобытной фазы прошло около 30 тысяч лет. Первобытно-общинная фаза длилась около 7 тыс. лет. Фаза ранней древности насчитывает около 2 тыс. лет, фаза имперской древности – около 1,5 тыс. лет, фаза средневековья – около 1 тыс. лет, фаза абсолютистского средневековья – около 300 лет, капиталистическая фаза – немногим более 100 лет. (Сколько продлится посткапиталистическая фаза – сейчас сказать трудно.) Если эти фазы нанести на график, то, по оценке ряда авторов [2, с. 23], здесь мы имеем дело не просто с экспоненциальным развитием, а с гиперболическим (с режимом обострения), предполагающим переход к вертикальной линии (что равносильно переходу в бесконечность). И хотя бесконечность применительно к истории смысла не имеет, данный процесс рассматривается как появление катастрофической неустойчивости.

В обществе та или иная социальная организация является аттрактором. Богатство различных внутренних конфликтов (хаос) приводит рано или поздно к новой организации. Приложение концепции самоорганизации к социальным системам по своей сути имеет задачей изучение факторов, которые влияют на диссипацию социальных систем. В рамках классического обществознания хаос рассматривался как чисто негативное явление. Задача социального управления рассматривалась как управление на основе определенных идеалов (научно обоснованных, как это было характерно для марксизма, или следовавших из определенной традиции). Мир, таким образом, рассматривался в виде некоей несовершенной системы, которую необходимо на основе данных идеалов преобразовывать, улучшать. Отдавая решающую роль в историческом процессе массам, способам производства, базису и т.п. (т.е. факторам макроскопическим), оставляли в тени процессы на микроуровне. События XX в., выразившиеся в колоссальных конфликтах, продемонстрировали недостаточность такого подхода к социальным системам и необходимость рассматривать последние как системы самоорганизующиеся. Никакие даже самые превосходные по своим устремлениям проекты социальных преобразований не могут быть реализованы без учета самоорганизации. Насильственные преобразования выявили в XX в. свою несостоятельность и утопичность. Факторы, влияющие на диссипацию социальных систем, оказываются чрезвычайно важными – это имеет особое значение, если учесть масштабность современных социальных процессов и их последствий (как ближайших, так и отдаленных). Эпоха анализа социальных процессов с позиций равновесных, линейных систем себя изжила. Синергетический подход к социальным системам рождает новую социальную картину мира: общество есть самоорганизующаяся система. Самоорганизация является источником развития и социальных систем. Мысль, высказанная английским экономистом Ф. Хайеком [13] о том, что существующие социальные институты, будучи результатом человеческой деятельности, не являются результатом сознательного планирования, соответствующая синергетической парадигме, все больше входит в сознание обществоведов. Социальная синергетика как теория организации нелинейных процессов в открытых динамических системах, в которых неравновесность выступает не источником гибели системы, а основанием становления упорядоченности, новых структур, призвана стать эффективным средством, преодолевающим неадекватность традиционных обществоведческих концепций.

Взаимосвязанность и взаимозависимость современного мира, ускоренный характер его развития, возникновение глобальных проблем усиливают нестабильность, затрудняют адаптацию человека к быстро меняющимся условиям, увеличивают, как выразился один из современных футурологов, вероятность наступления маловероятных событий, ведущих к глобальному эволюционному кризису. Стадия развития современного мира, характеризуемая асимптотической неустойчивостью, работой всех его систем в режиме с обострением, усилением флуктуации, актуализирует вопрос о вариантах последующих событий – гибели цивилизации или возникновения новых структур с иным характером функционирования.

Идеи синергетики нашли свое применение и в исследовании когнитивных (познавательных) систем, которые также четко обнаруживают такие свойства, как открытость, нелинейность и самоорганизацию. Открытость когнитивных систем выражается в их принципиальной незавершенности, возможности снятия более совершенной системой; нелинейность - в многовариантности, альтернативности путей развития; самоорганизация - в жестком отборе полученных результатов и безжалостном выбраковывании всего, что не соответствует канонам научности и социокультурным предпочтениям, мировоззренческим установкам.

Становление когнитивной синергетики находится в самом начале. В ее защиту приводятся следующие аргументы [4, с. 66-77]. Синергетический подход дает возможность объяснить, как возникают новые научные идеи, а именно путем описания процессов их возникновения как переходов от информационного беспорядка к информационному порядку. В научном сообществе в процессе конкуренции различных теорий формируются парадигмы, утверждающиеся как истинные, что свидетельствует о важной роли кооперативных эффектов в науке. Далее парадигмы начинают жить собственной жизнью, проходят собственный путь развития, подчиняющийся закономерностям самоорганизации, которые могут быть сформулированы в терминах концепции информации. Научная работа связана с рождением новой информации (с переходом от информационного хаоса к информационному порядку), передачей информации, ее ростом, информационным взрывом. Таким образом, синергетическое представление когнитивных процессов помогает прояснить механизм возникновения нового знания и представить пути ее развития.

Итак, классическая наука изгоняла из своих теорий случайность, которая считалась фактором второстепенным, не имеющим принципиального значения и не оставляющим существенного следа в ходе событий. Мир представлялся независимым от микрофлуктуаций и космоса, а деятельность отдельного человека – несущественной для макросоциальных процессов. Явления неравновесности и неустойчивости считались досадными неприятностями, сбивающими процессы с верной траектории развития, которые должны быть устранены. Само развитие понималось как поступательное, не имеющее альтернатив – случайные отклонения от траектории, предписанной объективными обстоятельствами, в конечном счете укладывались в главное направление развития. Управление сложными системами основывалось на том, что управляющее воздействие приводит к предсказуемому желаемому результату, значимость которого зависит от величины прилагаемой энергии.

С позиции синергетики, развитие, рассматриваемое как управляемое внешними управляющими импульсами, уступило место пониманию его как саморазвития, определяемого внутренними импульсами, собственными тенденциями. При этом хаос, изгоняемый классической наукой как деструктивный фактор, стал представляться как фактор конструктивный, порождающий феномен самоорганизации, – связывая разные уровни организации сложной системы, он в моменты ее неустойчивости способствует разрастанию малых флуктуаций в макроструктуры. Применительно к социальным системам это означало, что действия отдельного человека в подобных ситуациях могут влиять на макросоциальные процессы (а это, в свою очередь, высветило глубочайшую ответственность человека за запускаемые им процессы). Согласно синергетике сложные системы имеют не один путь развития, а несколько альтернативных, при этом на определенных стадиях развития в точке бифуркации проявляет себя один из них (поскольку на выбор системой определенного пути ее дальнейшего развития могут повлиять факторы случай-

ные, то заранее предусмотреть, какой система выберет путь своего развития, невозможно). Синергетический подход к проблеме управления сложными системами позволил установить, что в управлении главным фактором является не мощность воздействия, а правильная конфигурация воздействия – слабые, но правильно организованные воздействия оказываются более эффективными с точки зрения получения нужного результата.

Синергетика принадлежит к числу тех областей знания, которые накладывают решающий отпечаток на формирование нового мировоззрения, постнеклассического стиля мышления. Традиция рассматривать мир, подобный автомату, подчиняющемуся принципу механического детерминизма, с позиции которого для любого события можно было указать его причину и следствие, ушла с классической наукой. Пришедший с квантовой теорией принцип статистической причинности не позволяет более выявлять динамическую причинность. Таким образом, произошла замена «прозрачной» картины мира «смутной» [11, с. 385]. Человек вместо определенности оказался перед лицом «поля возможностей» при определении собственной траектории. Случайность, хаос, фактор времени из маргинальных превратились в рамках синергетики в центральные понятия.

И. Пригожин и И. Стенгерс, оценивая значение синергетики, писали: «Ныне мы знаем, что человеческое общество представляет собой необычайно сложную систему, способную претерпевать огромное число бифуркаций, что подтверждается множеством культур, сложившихся на протяжении сравнительно короткого периода в истории человечества. Мы знаем, что столь сложные системы обладают высокой чувствительностью по отношению к флуктуациям. Это вселяет в нас одновременно и надежду и тревогу: надежду на то, что даже малые флуктуации могут усиливаться и изменять всю их структуру (это означает, в частности, что индивидуальная активность вовсе не обречена на бессмысленность); тревогу - потому что наш мир, по-видимому, навсегда лишился гарантий стабильных, непреходящих законов. Мы живем в опасном и неопределенном мире, внушающем не чувство слепой уверенности, а лишь ... чувство умеренной надежды...» [12, с. 5-6]. Идеи концепции синергетики оказались удивительно созвучны современным реалиям. Они быстро распространяются и проникают во все новые области, в том числе и социальные (в которых им, возможно, предстоит сыграть наиболее важную роль).

В настоящее время еще нет оснований говорить о синергетике как зрелой научной дисциплине. Синергетика сейчас – становящееся междисциплинарное научное направление, «питающееся» из различных «предметных источников», в которых рассматриваются открытые, нелинейные, самоорганизующиеся системы. Его значимость проявляется в том, что оно позволяет выявлять не только существование инвариантных характеристик эволюционных процессов разных типов, но и выражать их в форме, пригодной для математико-информационной обработки; дает возможность использовать мощь теоретических методов естественных наук и наметить пути единения с социально-гуманитарным знанием; ведет к изменению теоретико-познавательных установок; позволяет рассматривать природу не как пассивный объект, а как активный; инициирует создание средств описания внутренне эволюционирующей Вселенной, частью которой является и сам человек.

Вместе с тем, считается, что притязания синергетики на обобщение и толкование всего эмпирического материала, всей суммы фактов о мире человеческого познания и творчества являются неосновательными. Вопрос о месте синергетики в современной научной картине мира пока еще остается предметом исследований. Идея осуществления самоуправляемого развития должна пройти всестороннюю и глубокую проработку, равно как и принцип «чем больше свободы в самоорганизации, тем больше порядка». Важно, чтобы после «кибернетического механицизма» не возник «синергетический механицизм» - подобное обстоятельство только навредило бы новому направлению, ибо пока есть наивные сторонники, будут и вульгарные критики. Как известно, достижения науки связаны с преодолением ее претензий на универсальность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базаров И.П. Термодинамика. - М.: Высшая школа, 1991.
2. Белавин В.А., Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Модели синергетики и развитие человечества [Электронный ресурс]. - URL: [http:// www.spkdyumov.narod.ru>ModelSin.htm](http://www.spkdyumov.narod.ru>ModelSin.htm) (дата обращения: 02.08.2013).
3. Дьяконов И.П. Пути истории: От древнейшего человека до наших дней. - М.: КомКнига, 1994.
4. Князева Е.Н. В эволюционных лабиринтах знания: синергетическое видение научного прогресса / Концепция самоорганизации в исторической ретроспективе. Опыт философского осмысления. - М.: Арто, 1994. - С. 162-186.
5. Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика – теория самоорганизации. - М.: Знание, 1983.
6. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. - М.: Мир, 1979.
7. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. - М.: Мир, 1990.
8. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. - М.: Иностранная литература, 1980.
9. Пригожин И. От существующего к возникающему. - М.: Наука, 1985.
10. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. - М.: Квант, 1994.
11. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. - М.: УРСС, 1980.
12. Самоорганизация в природе и обществе. - СПб.: Наука, 1994.
13. Хайек Ф. Пагубная самонадеянность. - М.: Новости, 1992.
14. Хакен Г. Синергетика: иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. - М.: Мир, 1985.
15. Lovelock J. Gaia: A new look at Life on Earth. - Oxford University Press, 1979.

PROCESSES OF SELF-ORGANIZATION IN NATURAL, SOCIAL AND COGNITIVE SYSTEMS

Kochergin A.N.

The characteristics of open systems, characterized by instability, diversity, nonlinearity are given in the article; the mechanisms of self-organization following the example of development of objects of animate and inanimate nature are disclosed; the conclusion is based on self-organization as a way of transition of the system to a new level of development. The possibilities of a synergetic approach in the study of social systems are described.

Key words: self-organization, system, synergetic, bifurcation, order, chaos, entropy, history, organization, structure.

Сведения об авторе

Кочергин Альберт Николаевич, 1930 г.р., окончил ИВПУ (1959), заслуженный деятель науки РФ, академик Российской гуманитарной академии, Российской экологической академии, Академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, Академии геополитических проблем, Международной академии информатизации при ООН и др., доктор философских наук, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова, автор 570 научных работ, область научных интересов – философия и методология науки.